

粤东海岸带生态系统现状及其生态保护修复

李发明, 聂光裕, 周军, 蔡一枝, 付静, 李冀刚

(国家海洋局汕尾海洋环境监测中心站 汕尾 516600)

摘要:为促进粤东地区发挥区域优势、提升海岸带生态功能和促进可持续发展,文章概述粤东海岸带生态系统的类型及其分布,分析其面临的问题,并结合已开展的海岸带生态保护修复项目提出建议。研究结果表明:粤东具有砂质海岸生态系统、重要河口生态系统、红树林生态系统、珊瑚礁生态系统和海湾生态系统等海岸带生态系统,海洋资源十分丰富;但面临海岸侵蚀、环境污染和过度开发利用等问题,不利于发挥海岸带生态和减灾功能;在已开展的中央海域使用金支持项目、“蓝色海湾”整治行动、围填海项目生态保护修复和海岸带保护修复工程等的基础上,未来应开展海岸带生态系统现状调查和评估、加强滨海湿地保护、建立海岸带生态系统动态监视监测平台以及加快海岸带生态保护修复标准体系建设。

关键词:海岸带生态系统;生态保护修复;海洋环境;生物多样性;自然岸线

中图分类号:P748;X171

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2021)10-0075-07

Status of Coastal Ecosystem and Its Ecological Restoration in the East of Guangdong Province

LI Faming, NIE Guang'yu, ZHOU Jun, CAI Yizhi, FU Jing, LI Jigang

(Shanwei Marine Environmental Monitoring Center, SOA, Shanwei 516600, China)

Abstract: In order to promote the regional advantages of the east of Guangdong Province, enhance the coastal ecological function and promote its sustainable development, this paper summarized the types and distribution of coastal ecosystem in the east of Guangdong Province, analyzed the problems faced, and put forward suggestions based on the coastal ecological protection and restoration projects. The results showed that the east of Guangdong Province was abundant with marine resources, had typical coastal ecosystem such as sandy coastal ecosystem, important estuary ecosystem, mangrove ecosystem, coral reef ecosystem, bay ecosystem, etc. However, facing the problems of coastal erosion, environmental pollution and over development and utilization, it was not conducive to the function of coastal ecology and disaster reduction. On the basis of the existing central sea area use fee supporting projects, the “Blue Bay” regulation action, the ecological protection and restoration of reclamation projects and coastal protection and restoration projects, in the future, it was necessary to investigate and evaluate the current situation of

收稿日期:2020-11-18;修订日期:2021-09-27

基金项目:国家海洋局南海分局海洋科学技术局长基金项目(1725).

作者简介:李发明,博士,研究方向为海洋环境监测和海洋生态保护修复

coastal ecosystem, strengthen the protection of coastal wetlands, establish a dynamic monitoring platform for coastal ecosystem and accelerate the construction of coastal ecological protection and restoration standard system.

Keywords: Coastal ecosystem, Ecological restoration, Marine environment, Biodiversity, Natural coastline

0 引言

海岸带是海洋与陆地相互作用的过渡地带^[1], 海岸带生态系统是由海岸带生物群落及其环境相互作用而构成的自然系统, 主要包括红树林、盐沼、珊瑚礁、海草床、牡蛎礁和砂质海岸等典型生态系统以及河口和海湾等复合生态系统, 每种生态系统都具有重要的生态功能和资源价值^[2]。海岸带生态系统十分脆弱, 在自然活动和人类活动的共同作用下不断遭受破坏^[3-4]。对受损或退化的海岸带生态系统开展生态保护修复, 最大限度地恢复和提升海岸带生态防灾减灾功能, 是当前防灾减灾工作刻不容缓的任务。为全面贯彻中央“实施海岸带保护修复工程, 建设生态海堤, 提升抵御台风、风暴潮等海洋灾害能力”的会议精神, 自然资源部组织实施海岸带保护修复工程。因此, 有必要开展海岸带生态系统现状调查和评价工作, 掌握其种类、范围、分布和受损情况。

广东省拥有全国最长的大陆海岸线, 其中粤东 4 市(汕尾市、揭阳市、汕头市和潮州市)的大陆海岸线占 21.5%^[5]。粤东海岸带以平原为主, 滩涂广布, 海湾优良, 海洋生物和矿产资源丰富, 自然岸线保有率较高, 具有多种海岸带生态系统。近年来, 随着粤东沿海地区经济的快速增长, 出现海岸带生态功能下降、红树林等典型生态系统衰退、海岸线遭受不同程度的侵蚀以及海洋灾害频发等问题, 海岸带开发利用与生态保护修复的矛盾日益突出。因此, 充分保护和合理开发利用现有海岸带生态资源, 对于粤东地区发挥区域优势、提升海岸带生态功能和促进可持续发展具有重要意义。

本研究概述粤东海岸带生态系统的类型及其分布, 分析其面临的海岸侵蚀、环境污染和过度开发利用等问题, 初步掌握粤东海岸带生态系统现状, 并结合现有海岸带生态保护修复项目提出建议。

1 粤东海岸带生态系统

粤东的大陆海岸线长度超过 880 km, 自然岸线保有率超过 40%, 高于全国自然岸线保有率的管控目标。粤东海岸带生态资源丰富且海岸带生态系统多样, 主要包括砂质海岸生态系统、重要河口生态系统、红树林生态系统、珊瑚礁生态系统和海湾生态系统。

1.1 砂质海岸生态系统

砂质海岸是以波浪作用为主形成的、主要由砂(砾石)构成的海岸。我国有 70% 的砂质海岸处于侵蚀退化状态^[6], 砂质海岸是海岸带生态保护修复的重要对象。砂质海岸是风暴潮和海浪等海洋灾害的缓冲地带, 具有重要的防灾减灾功能; 同时由于沙滩资源优良, 具有重要的旅游休闲功能^[7]。

砂质海岸生态系统是重要的粤东海岸带生态系统, 其生物群落通常由沙生植被和潮间带生物构成。沙生植被具有防风固沙、阻挡海风和海雾以及保持水土等功能, 粤东砂质海岸的沙生植被主要包括木麻黄(*Casuarina equisetifolia*)、露兜树(*Pandanus tectorius*)和马鞍藤(*Ipomoea pes-caprae*); 砂质海岸是潮间带生物的重要栖息地, 粤东砂质海岸的潮间带生物主要包括楔形斧蛤(*Donax cum-catus*)、丽文蛤(*Meretrix cusoria*)和截额蝉蟹(*Hippa truncatifrons*)。

砂质岸线是粤东自然岸线的重要类型, 占比约为 67%。根据砂质岸线的生态功能重要性和脆弱敏感性, 广东省划定 18 个粤东重要砂质岸线生态红线区, 包括汕尾市 6 个(金厢、湖东、甲子、东海、施公寮和捷胜)、揭阳市 2 个(前詹和绿洲)和汕头市 10 个(前江湾、赤石湾、烟墩湾、竹栖肚湾、莱芜、莱阳河口、深澳湾、海门湾、广澳湾和海门港), 在红线区禁止开展围填海以及可能改变或影响沙滩自然属性的开发利用活动。

1.2 重要河口生态系统

河口生态系统具有丰富的生物多样性资源以及重要的渔业经济价值和生态环境价值,是最富有生产力的海洋生态系统之一^[8]。粤东入海河流众多:韩江是广东省第二大江,年径流量达 251 亿 m^3 ,江水进入韩江三角洲后分别由义丰溪、莲阳河和外砂河等水道注入我国南海;榕江、螺河、黄江、练江和黄冈河等均为年径流量大于 10 亿 m^3 的入海河流^[9]。这些入海河流为我国南海带来大量陆源物质,并在入海口形成重要河口生态系统。

广东省划定 9 个粤东重要河口生态红线区,包括汕尾市 3 个(黄江、螺河和鳌江)、汕头市 5 个(义丰溪、莲阳河、外砂河、榕江和练江)和潮州市 1 个(黄冈河),在红线区严格控制入海污染物排放、控制海水养殖规模、鼓励生态化海水养殖、维持河口自然属性、保持河口基本形态稳定以及保障河口行洪安全。

1.3 红树林生态系统

红树林因具有重要的生态功能而被称为“海洋卫士”,在防风消浪、造陆护堤和维护海洋生态平衡等方面发挥重要作用,是重要的海岸带湿地类型之一^[10]。20 世纪 50 年代粤东红树林分布广泛,总面积超过 1 000 hm^2 ,而后由于围垦开发等原因,红树林面积锐减^[11]。根据 2001 年广东省红树林资源调查结果,汕头市林地面积为 68.1 hm^2 ,汕尾市林地面积为 61.9 hm^2 ,潮州市未成林地面积为 5.7 hm^2 ^[12]。根据 2012 年广东省红树林资源调查结果,汕头市和汕尾市各有郁闭度超过 0.2 的红树林面积为 73.5 hm^2 ^[13]。粤东现有红树林植物 25 种,包括真红树植物 12 种、半红树植物 6 种和伴生植物 7 种;其中,真红树植物中的秋茄(*Kandelia candel*)、桐花树(*Aegiceras corniculatum*)和海漆(*Excoecaria agallocha*)分布最广,人工种植较多的是无瓣海桑(*Sonneratia apetala*),但其群落结构远低于成熟红树林,且出现不断萎缩的迹象^[14]。

近年来,随着粤东海岸带生态公益林建设、防护林体系建设、湿地保护恢复和生态整治修复等工程的实施,粤东红树林的保护修复取得较好的生态效应^[15],红树林累计种植面积超过 1 000 hm^2 ^[16]。

2001 年汕头市设立市级湿地自然保护区,其中保护对象为红树林的片区共计 64 hm^2 ,并加快推进红树林湿地公园建设。此外,广东省在潮州市划定红树林生态红线区,对退化和受损的红树林生态系统开展滩涂恢复和树种补种等生态保护修复工程,为红树林的保护和恢复提供有力保障。

1.4 珊瑚礁生态系统

珊瑚礁生态系统被誉为“海洋中的热带雨林”,是地球上生物多样性最为丰富的生态系统之一,具有重要的生态、经济和文化价值,主要作用包括为海洋生物提供繁育和栖息场所、维护海洋生态平衡、促进海洋物质和能量循环、防浪护岸以及防止水土流失^[17]。

广东省珊瑚礁资源丰富,珊瑚礁面积超过全国的 60%,主要集中在大亚湾水产资源省级自然保护区和徐闻珊瑚礁国家级自然保护区,但有逐年减少的趋势^[18]。汕头市南澎列岛附近海域有珊瑚分布,但尚未形成珊瑚礁,只能被称为珊瑚群落^[19],种类以软珊瑚为主。

1.5 海湾生态系统

作为海岸带复合生态系统,海湾是海洋中受人类活动影响最大的区域,也是海洋经济发展的核心区域之一^[20]。粤东拥有优良的海湾资源,从南到北依次分布红海湾、碣石湾、靖海湾、海门湾、广澳湾、柘林湾和大埕湾等数十个海湾,是广东省重要的旅游休闲娱乐区和海水养殖区。

粤东海湾拥有多个海洋自然保护区和海洋特别保护区,包括红海湾海洋特别保护区、碣石湾海马自然保护区、广东南澳青澳湾国家级海洋公园、龙头湾中华白海豚市级自然保护区和大埕湾水产资源海洋自然保护区等,在核心区和缓冲区禁止开展任何形式的开发利用活动,在实验区禁止开展捕捞和挖沙等活动,同时严格控制入海污染物排放和海水养殖规模。

2 面临的问题

已有研究结果表明^[21-22],受气候变化和海平面上升等因素的影响,尤其受海岸带资源无序开发利用等人为因素的强烈干预,海岸带出现海岸侵蚀和环境污染等问题,导致砂质岸线、盐沼、红树林和珊

珊瑚等海岸带生态系统遭受大面积破坏。

2.1 海岸侵蚀

海岸侵蚀是海岸带生态系统退化的主要原因。自 20 世纪 50 年代开始我国出现海岸侵蚀,导致海岸线不断后退^[23]。我国约有 70% 的砂质海岸和大部分处于开阔水域的泥质潮滩受到侵蚀,砂质海岸的侵蚀速率多为 1.3 m/a^[24]。海岸侵蚀的原因包括自然因素和人为因素,其中自然因素包括海平面上升、入海河流输沙减少以及台风浪或风暴潮冲击等,人为因素包括近岸采砂、蓄水拦沙、防波堤修筑和围填海等^[25-26]。海岸侵蚀可直接造成海岸带土地资源、生物多样性资源和社会经济资源的损失,并导致海水入侵、土壤盐渍化加剧、淡水资源减少、地基承载力下降以及沿海建筑物稳定性被破坏等。

粤东砂质岸线资源丰富,弧形砂质海岸与基岩岬角相间交错,海岸侵蚀受岬湾海岸控制的特点显著。粤东绝大部分砂质海岸存在海岸侵蚀,可判明的侵蚀岸段超过砂质海岸的 70%^[27],属于侵蚀性质的岸段长度为 290.4 km^[28]。除砂质岸线外,粤东其他类型岸线也被不同程度地侵蚀,且持续时间较长。1957—1981 年韩江三角洲的漠阳江口低潮线后退 200 m,平均侵蚀速率为 8 m/a^[23]。对比 1966 年与 1994 年的靖海湾海图,该海区侵蚀与淤积并存,其中北半段岸线至 10 m 水深区呈侵蚀状态,侵蚀速度为 1~3 m/a^[28]。采用数字岸线分析系统计算 1990—2000 年前后粤东 13 个岬间海湾的岸线进退速率,各海湾均存在不同程度的淤积和侵蚀,最大侵蚀速率为海门湾的 5.43 m/a^[29]。海岸工程建设对海岸侵蚀的影响显著,海湾修筑拦沙堤后其岬角处的海滩可能出现明显侵蚀^[30]。

2.2 环境污染

根据《2019 年广东省环境状况公报》^[31],2019 年广东省近岸海域劣四类海水水质标准的海域面积占比为 6.3%,污染形势严峻。粤东的河口和海湾是污染较严重的区域,汕头市的练江等入海河流常年维持在劣五类或五类水平,汕尾市的黄江和潮州市的黄冈河连续多年污染物超标。2012—2016 年汕头市入海河流的年均污染物排放量约为 40.9 万 t/a,仅次于珠江口。2017 年粤东共有入海

污染源 927 个,其中包括入海河流 21 条和养殖排污口 419 个,各种陆源污染物的输入是近岸海域海洋环境持续恶化的重要因素。此外,海洋垃圾问题日益严重,且超过 60% 的海洋垃圾为塑料垃圾,降解速率缓慢,严重影响海洋生物的生存,甚至通过食物链危害人类健康^[32]。汕头市榕江入海口自然沙滩微型塑料的平均密度为 1 067.67 个/m²,处于中上污染水平,主要来自河流上游污染、河口附近城市生活垃圾排放和海洋渔业活动污染^[33]。

粤东陆源入海污染物尚未得到有效控制,作为陆源污染的承泄区,滨海湿地环境持续恶化,不仅损害经济效益和破坏海岸景观,而且严重危害海岸带生态系统多样性^[34]。例如:核电站温排水是造成珊瑚礁白化和衰退的主要原因^[35];环境污染严重破坏红树林湿地生态系统,造成其生产力、生物量和生物多样性降低^[36]。

2.3 过度开发利用

人类过度开发利用海洋是导致海岸带生态环境恶化的主要原因之一。目前我国沿海地区对海洋资源的开发利用仍较粗放,不合理的开发利用方式在短时间内消耗自然岸线和改变海岸形态,导致中小型海湾消失和近岸海岛数量减少,尤其是滨海湿地的破坏对海岸带生态系统造成严重影响^[37-38]。

近 10 年来,粤东处于港口码头开发、城镇化建设和滨海旅游开发的围填海高潮期,开展围填海项目近百个,填海总面积超过 500 hm²。围填海项目建设对粤东的经济发展至关重要,但同时对项目周边的海岸带生态系统产生一定的影响。对比 2009 年和 2019 年的卫星影像,粤东围填海项目周边存在海岸线迁移的情况,如建设电厂的靖海湾附近海岸线的后退距离最大可达 100 m,建设广澳港的广澳湾附近海岸线后退近 70 m。

此外,不合理的海水养殖方式易导致海水富营养化,造成滨海湿地生境失调、环境调配功能降低和生态环境恶化^[37]。近年来,粤东海水养殖业发展迅猛,其中大埕湾是重要的海水养殖基地;根据现场调查结果,大埕湾沙滩分布大量乱搭乱建的鲍鱼育苗场和外露排水管道,渔排等养殖设施严重侵占海岸,废水未经处理直排入海,不仅造成沙滩垃圾

遍布,而且导致沙滩黑化。

3 已开展的海岸带生态保护修复项目

由于人为因素和自然因素的多重影响,我国海岸带生态系统面临严重威胁,局部出现不同程度的受损或退化。为解决这一问题,我国自 2010 年开始正式实施海洋生态保护修复项目,以维护海岸带生态系统的完整性和健康度^[39]。生态保护修复内容主要包括海域海岸带环境综合整治、海岛整治修复、典型生态系统保护修复和生态保护修复能力建设^[40]。粤东已开展的海岸带生态保护修复项目主要包括中央海域使用金支持项目、“蓝色海湾”整治行动、围填海项目生态保护修复和海岸带保护修复工程,在一定程度上缓解粤东海岸带生态系统面临的问题。

3.1 中央海域使用金支持项目

自 2010 年开始,我国将中央海域使用金用于支持海域海岸带整治修复项目,内容涵盖沙滩修复、退养还海、清淤疏浚、海堤修复、景观美化、构筑物拆除改造和生态修复七大类^[41]。2011—2016 年粤东累计获批 7 个海岸带整治修复项目,获得中央财政资金支持 2.3 亿元,主要用于潮州市柘林湾、汕头市南澳岛、揭阳市靖海湾和汕尾市品清湖。通过沙滩整治修复、控制污染物排放和改善海岸带生态景观等措施,有效控制海岸带环境污染;通过红树林种植、贝类着生重建和藻场重建等措施,维持海岸带生态系统及其环境的良性循环,恢复海岸带生态系统功能。

3.2 “蓝色海湾”整治行动

“蓝色海湾”整治行动是我国海洋生态文明建设的重大举措之一,旨在加快推进海湾综合整治和生态岛礁建设,推动海洋生态环境质量的有效改善。2016 年粤东的汕头市和汕尾市入选第一批“蓝色海湾”整治行动试点城市,获得中央财政资金支持 5.8 亿元。其中,汕头市共清理岸滩 7 万 km²,修建加固海堤 2 km,种植防护林 9 万 km²,修建滨海栈道 4 km;汕尾市共建造人工沙滩 2.5 km²,修建滨海栈道 10 km,修复海岸带景观 2.6 km,品清湖疏浚 170 万 m³。

3.3 围填海项目生态保护修复

2018 年国务院印发《关于加强滨海湿地保护

严格管控围填海的通知》,要求加快处理围填海历史遗留问题,对未取得海域使用权的围填海项目开展生态评估和生态保护修复方案编制,责成用海主体进行生态损害赔偿,加强海洋生态保护修复。粤东涉及围填海历史遗留问题图斑 84 个,填海面积近 500 hm²,占用海岸线近 30 km,共提交生态保护修复方案 20 份,经审查并办理用海手续后实施。

3.4 海岸带保护修复工程

根据 2020 年《关于组织申报中央财政支持海洋生态保护修复项目的通知》,财政部和自然资源部在影响海洋生态安全格局的核心区域以及海洋生态系统受损严重和生态问题突出的关键区域开展生态保护修复,提高海岸带的生态功能和防灾减灾能力。根据面临的海岸带生态系统问题,粤东 4 市均提交项目申请书和实施方案,旨在通过海岸带保护修复工程建立生态和减灾协同增效的海岸带综合防护体系,保障沿海地区的生态安全和人民生命财产安全。

4 建议

粤东海岸带拥有砂质海岸、红树林和珊瑚礁等典型生态系统以及河口和海湾等复合生态系统,自然资源丰富多样。但受海岸侵蚀、环境污染和过度开发利用等的影响,粤东海岸带生态系统已出现不同程度的受损或退化,海岸带生态保护修复迫在眉睫。

4.1 开展海岸带生态系统现状调查和评估

目前粤东海岸带生态系统仍存在“家底不清”的问题,尤其是红树林、盐沼和海草床等生态系统缺少系统的调查数据,海岸带生态系统的受损情况缺乏有效评估,无法制定具有针对性的生态保护修复方案,方案实施的有效性更是无从保证。因此,开展海岸带生态保护修复的当务之急是开展海岸带生态系统现状调查和评估,通过现场勘察和遥感影像识别等方式,结合历史资料,掌握海岸带生态系统现状、存在的问题、受损状况及其原因,推进海岸带生态保护修复的科学布局和实施,促进海岸带生态系统生态和减灾的协同增效。

4.2 加强滨海湿地保护,严格管控围填海

为切实提高滨海湿地保护水平和严格管控围

填海活动,一方面,严控新增围填海项目,严格围填海审批程序,坚持严格管控、生态优先和节约集约的原则,构建国土空间开发利用和保护新格局;另一方面,加强自然保护地管理,建立一批海洋自然保护区、海洋特别保护区和湿地公园,构建海洋生态环境治理体系。

4.3 建立海岸带生态系统动态监视监测平台

由于海岸带管理信息不健全,以往生态保护修复项目的建设目标和建设内容相对单一,海岸带生态系统整体提升生态功能的成效有限。应在已有生态环境监测体系的基础上,构建以遥感监测为主体、以地面监测为补充的“天空地”一体化海岸带生态系统动态监视监测平台,同时建立海岸带生态保护修复管理数据库,提升工程实施、动态监管和绩效评估的信息化管理水平。

4.4 加快海岸带生态保护修复标准体系建设

目前海岸带生态保护修复的标准体系建设仍不完善,理论与实践存在一定程度的脱节,关键技术和措施的长效性不足。因此,须加强基础研究、推动标准体系建设和提升科技支撑能力,为海岸带生态保护修复提供科学依据。

参考文献

- [1] 国家质量监督检验检疫总局,国家标准化管理委员会.海洋学术语 海洋地质学(GB/T 18190—2017)[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [2] 冯士筌,李凤歧,李少菁.海洋科学导论[M].北京:高等教育出版社,1999.
- [3] 刘瑀,马龙,李颖,等.海岸带生态系统及其主要研究内容[J].海洋环境科学,2008,27(5):520—522.
- [4] 程夕,左冰菁,刘兴诏,等.海岸带生态系统脆弱性评价研究综述[J].河南科技学院学报(自然科学版),2020(1):25—34.
- [5] 广东省人民政府.广东省海洋生态红线[Z].2017.
- [6] 毋亭,侯西勇.1940s以来中国大陆岸线变化的趋势分析[J].生态科学,2017,36(1):80—88.
- [7] 许国辉,郑建国.砂质海岸与淤泥质平原海岸的生态型保护研究[J].地学前缘,2001,8(2):246.
- [8] 申霞.河口生态系统特征及模拟技术[A].左其华,窦希萍.第十七届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集(下)[C].北京:海洋出版社,2015:1011—1016.
- [9] 广东省水利厅.粤东沿海诸河[EB/OL].http://slt.gd.gov.cn/hl/content/post_888838.html,2020—04—10.
- [10] 杨盛昌,陆文勋,邹祯,等.中国红树林湿地:分布、种类组成及其保护[J].亚热带植物科学,2017,46(4):301—310.
- [11] 王伯荪,彭少麟.植被生态学:群落与生态系统[M].北京:中国环境科学出版社,1997.
- [12] 黎植权,林中大,薛春泉,等.广东省红树林植物群落分布与演替分析[J].林业与环境科学,2002,18(2):52—55.
- [13] 夏新丰.广东沿海红树林的分布及生长现状调查[J].中国林业经济,2014(2):54—56.
- [14] 李皓宇,彭逸生,刘嘉健,等.粤东沿海红树林物种组成与群落特征[J].生态学报,2016,36(1):256—264.
- [15] 陈清华,程琪,赵蒙蒙,等.我国红树林生态修复现状研究[A].中国环境科学学会.2019 中国环境科学学会科学技术年会论文集(第四卷)[C].2019:4098—4102.
- [16] 张小霞,陈新平,米硕,等.我国生物海岸修复现状及展望[J].海洋通报,2020,39(1):1—11.
- [17] 龙丽娟,杨芳芳,韦章良.珊瑚礁生态系统修复研究进展[J].热带海洋学报,2019,38(6):1—8.
- [18] 施蕴文.广东省珊瑚礁生态保护对策研究[D].湛江:广东海洋大学,2018.
- [19] 黄晖,尤丰,练健生,等.珠江口万山群岛海域造礁石珊瑚群落分布与保护[J].海洋通报,2012,31(2):189—197.
- [20] 孙松,孙晓霞.海湾生态系统的理论与实践[M].北京:科学出版社,2015.
- [21] 张晓龙,李培英,李萍,等.中国滨海湿地研究现状与展望[J].海洋科学进展,2005(1):90—98.
- [22] 印萍,胡云壮,王磊,等.中国海岸带地质资源与环境评价研究[J].中国地质,2017,44(5):842—856.
- [23] 夏东兴,王文海,武桂秋,等.中国海岸侵蚀述要[J].地理学报,1993,48(5):468—476.
- [24] 李震,雷怀彦.中国砂质海岸分布特征与存在问题[J].海洋地质前沿,2006,22(6):1—4.
- [25] 刘建辉.福建砂质海岸侵蚀机制及影响因素分析[D].青岛:中国海洋大学,2010.
- [26] 毋亭,侯西勇.海岸线变化研究综述[J].生态学报,2016,36(4):282—294.
- [27] 季荣耀,罗章仁,陆永军,等.广东省海岸侵蚀特征及主因分析[A].左其华,窦希萍.第十四届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集(上册)[C].北京:海洋出版社,2009:730—735.
- [28] 孙杰,詹文欢,姚衍桃,等.广东省海岸侵蚀现状及影响因素分析[J].海洋学报,2015,37(7):142—152.
- [29] 于吉涛,陈子桑.华南岬间砂质海岸稳定性研究[J].海洋工程,2010,28(2):110—116.
- [30] 李志龙,陈子桑.粤东后江湾岸线演变模拟[J].海洋通报,2007,26(2):89—96.
- [31] 广东省生态环境厅.2019 年广东省环境状况公报[Z].2020.
- [32] 赵肖,蔡世斌,廖岩,等.我国海滩垃圾污染现状及控制对策

- [J].环境科学研究,2016,29(10):1560—1566.
- [33] 王丽斯,吴应林,刘文华,等.榕江入海口自然沙滩微型塑料污染调查研究[J].环境科学学报,2016,36(2):227—234.
- [34] 兰竹虹,陈桂珠,常弘.中国南中国海海岸湿地的保护和管理[J].生态学杂志,2006,25(7):828—833.
- [35] 张乔民.我国热带生物海岸的现状与生态系统的修复与重建[J].海洋与湖沼,2001(4):107—117.
- [36] 于凌云,林绅辉,焦学尧,等.粤港澳大湾区红树林湿地面临的生态问题与保护对策[J].北京大学学报(自然科学版),2019,55(4):782—790.
- [37] 周云轩,田波,黄颖,等.我国海岸带湿地生态系统退化成因及其对策[J].中国科学院院刊,2016(31):1157—1166.
- [38] 许宁.中国大陆海岸线及海岸工程时空变化研究[D].烟台:中国科学院烟台海岸带研究所,2016.
- [39] 王丽荣,于红兵,李翠田,等.海洋生态系统修复研究进展[J].应用海洋学学报,2018,37(3):435—446.
- [40] 张志卫,刘志军,刘建辉.我国海洋生态保护修复的关键问题和攻坚方向[J].海洋开发与管理,2018,35(10):28—32.
- [41] 纪大伟,田洪军,王园君,等.海域海岸带整治修复进展与管理建议[J].海洋开发与管理,2016,33(5):87—90.